

DOCKET NO.: 214768US0PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yasuji HIRAMATSU, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP01/00866

INTERNATIONAL FILING DATE: February 7, 2001

FOR: CERAMIC SUBSTRATE FOR A SEMICONDUCTOR-PRODUCING/EXAMINING
DEVICE

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that
the applicant claims as priority:

COUNTRY
Japan

APPLICATION NO
2000-29279

DAY/MONTH/YEAR
07 February 2000

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the
International Bureau in PCT Application No. **PCT/JP01/00866**.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Norman F. Oblon
Attorney of Record
Registration No. 24,618
Surinder Sachar
Registration No. 34,423



22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

日本国特許庁

02.03.01

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 20 APR 2001

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 2月 7日

JP01/866

出願番号

Application Number:

特願2000-029279

E K U

出願人

Applicant (s):

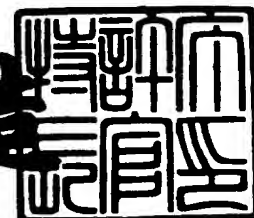
イビデン株式会社

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 4月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3026412

【書類名】 特許願

【整理番号】 H11YASE001

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内

 【氏名】 平松 靖二

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内

 【氏名】 伊藤 康隆

【特許出願人】

 【識別番号】 000000158

 【氏名又は名称】 イビデン株式会社

 【代表者】 岩田 義文

【代理人】

 【識別番号】 100086586

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 安富 康男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100104813

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古谷 信也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108431

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村上 加奈子

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033891

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705255

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 セラミック基板

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されてなるセラミック基板において、

前記セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなるとともに、最大気孔の気孔径が $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミック基板。

【請求項 2】 前記セラミック基板は、 $0.05\sim 10$ 重量%の酸素を含有してなる請求項 1 に記載のセラミック基板。

【請求項 3】 前記セラミック基板は、気孔率が 5% 以下である請求項 1 に記載のセラミック基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミック基板に関し、特に、耐電圧が高く、静電チャックに使用した場合にはシリコンウエハの吸着能力に優れるとともに、ホットプレート（セラミックヒータ）およびウエハプローバとして使用した場合には昇温降温特性にも優れるセラミック基板に関する。

【発明の詳細な説明】

【0002】

【従来の技術】

半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを製作した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

【0003】

この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施して、導体回路や素子等を形成する。その際に、デポジション用ガス、エッチング用ガス等として腐食性のガス

を使用するため、これらのガスによる腐食から静電電極層を保護する必要があること、また、吸着力を誘起するために静電電極層は、通常、セラミック誘電体膜等により被覆されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このセラミック誘電体膜として、従来から窒化物セラミックが使用されているが、従来は、酸化物等を加えずに焼成を行って誘電体膜を形成していたため、誘電体膜の内部に形成される気孔は殆どが連通しており、また、開気孔も多かった。このような気孔が存在すると、高温時に誘電体層の体積抵抗率が減少すると、電圧印加によって気孔中の空気を電子が飛跳しやすくなり、いわゆるスパークを起こしてしまうため、最大気孔の気孔径を小さくしないと、セラミック誘電体膜の耐電圧を高く保つことが難しいという問題があった。

【0005】

例えば、特開平5-8140号公報には、最大気孔の気孔径が $5\mu\text{m}$ 以下と気孔径を極めて小さくした窒化物を使用した静電チャックが開示されている。

このような問題は、静電チャックに限らず、セラミック基板の表面または内部に導体が形成されている半導体製造・検査用セラミック基板に見られることが判った。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、窒化物セラミックに酸化物を添加して焼成することにより、焼結を進行させることができ、連通した気孔が殆どなくなり、独立した気孔が形成され、また、酸化物をセラミック粒子境界に存在させることにより、気孔径が大きくなっても、高温での耐電圧を確保できることを新規に知見するに至った。

【0007】

すなわち本発明は、セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されてなるセラミック基板において、
上記セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなるとともに、最

大気孔の気孔径が $50\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミック基板である。

【0008】

本発明のセラミック基板においては、 $0.05\sim 10$ 重量%の酸素を含有してな
ることが望ましい。

また、本発明のセラミック基板においては、気孔率が 5% 以下であることが望ま
しい。

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明のセラミック基板は、セラミック基板の表面または内部に導電体が形成さ
れてなるセラミック基板において、

上記セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなるとともに、最
大気孔の気孔径が $50\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0010】

本発明のセラミック基板では、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は
その最大気孔の気孔径は $50\ \mu\text{m}$ 以下である。

気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆に気孔が存在する
場合は、破壊靱性値が高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性を
考慮して決定すればよい。

気孔の存在によって破壊靱性値が高くなる理由は明確ではないが、クラックの伸
展が気孔によって止められるからであると推定している。

【0011】

本発明のセラミック基板では、酸素を含有する窒化物セラミックを使用すること
が必要である。酸素を含有することで焼結を進行させることができ、連通した気
孔が殆どなくなり、独立した気孔が形成されるため、腐食性ガスが導電体を浸食
することがないからである。また、独立気孔の方が連通気孔よりも、気孔内を電
子が飛跳しにくくなるからである。

さらに、酸化物をセラミック粒子境界に存在させることにより、気孔径が大き
くなくても、高温での耐電圧を確保することができる。

【0012】

本発明のセラミック基板では、最大気孔の気孔径が $50\mu\text{m}$ 以下であることが必要である。最大気孔の気孔径が $50\mu\text{m}$ を越えると高温、特に 200°C 以上での耐電圧特性を確保できなくなるからである。

また、最大気孔の気孔径は、 $10\mu\text{m}$ 以下が望ましい。 200°C 以上での反り量が小さくなるからである。

【0013】

気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整する。SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させることができるからである。

【0014】

最大気孔の気孔径の測定は、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、2000から5000倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影することにより行う。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とした。

【0015】

上記セラミック基板中には0.05～10重量%、特に望ましくは、0.1～5重量%の酸素を含有してなることが望ましい。0.1重量%未満では、耐電圧を確保することができない場合があり、逆に5重量%を超えると酸化物の高温耐電圧特性の低下により、耐電圧はやはり低下してしまう場合があるからである。また、酸素量が5重量%を超えると熱伝導率が低下して昇温降温特性が低下する場合があるからである。

【0016】

また、上記セラミック基板は、気孔率が5%以下であることが望ましい。5%を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなり、耐電圧が低下してしまうからである。

なお、上記気孔率は、アルキメデス法により測定する。焼結体を粉砕して有機溶媒中あるいは水銀中に粉砕物を入れて体積を測定し、粉砕物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重から気孔率を計算するのである。

【0017】

本発明のセラミック基板は、半導体製造・検査用に使用でき、静電チャック、ホットプレート（セラミックヒータ）、ウエハプローバなどに使用することができる。

【0018】

本発明のセラミック基板は、その厚さは、50mm以下、特に25mm以下が望ましい。特にセラミック基板の厚さが25mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きくなり、特に温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまうからである。

また、本発明のセラミック基板が解決する気孔の存在に起因する反りの問題は、厚さが25mmを超えるような厚いセラミック基板では発生しにくいからである。

特に5mm以下が最適である。なお、厚みは、1mm以上が望ましい。

【0019】

本発明のセラミック基板の直径は200mm以上が望ましい。特に12インチ（300mm）以上であることが望ましい。次世代のシリコンウエハの主流となるからである。また、本発明が解決する反りの問題は、直径が200mm以下のセラミック基板では発生しにくいからである。

【0020】

本発明のセラミック基板を構成する窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。

【0021】

本発明のセラミック基板においては、セラミック基板中に焼結助剤を含有することが望ましい。

焼結助剤としては、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、希土類酸化物を使用することができ、これらの焼結助剤のなかでは、特に CaO 、 Y_2O_3 、 Na_2O 、 Li_2O 、 Rb_2O_3 が好ましい。また、アルミナを使用してもよい。これらの含有量としては、0.1～20重量%が望ましい。

【0022】

本発明のセラミック基板においては、セラミック基板中に5～5000ppmのカーボンを含有していることが望ましい。

カーボンを含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、セラミックヒータとして使用する際に輻射熱を充分に利用することができるからである。

【0023】

カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50～2000ppmがより好ましい。

【0024】

セラミック基板にカーボンを含有させる場合には、その明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN4以下となるようにカーボンを含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。

【0025】

ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。

実際の明度の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

【0026】

なお、本発明のセラミック基板では、シリコンウエハをセラミック基板のウエハ載置面に接触させた状態で載置するほか、シリコンウエハを支持ピンなどで支持し、図13に示すようにセラミックス基板との間に一定の間隔を保って保持する場合もある。

図13は、本発明のセラミック基板の一例である、セラミックヒータを模式的に示した、部分拡大断面図である。

【 0 0 2 7 】

図 1 3 では、貫通孔 9 5 に支持ピン 9 6 が挿通されてシリコンウエハ 9 9 を保持している。支持ピン 9 6 を上下することにより、搬送機からシリコンウエハ 9 9 を受け取ったり、シリコンウエハ 9 9 をセラミック基板 9 1 上に載置したり、シリコンウエハ 9 9 を支持したまま加熱したりできる。また、セラミック基板 9 1 の底面 9 1 a には、発熱体 9 2 が形成され、その発熱体 9 2 の表面には金属被覆層 9 2 a が設けられている。また、有底孔 9 4 が設けられているが、ここには熱電対を挿入する。

シリコンウエハ 9 9 は、ウエハ加熱面 9 1 b 側で加熱される。

【 0 0 2 8 】

本発明のセラミック基板が、ホットプレート（セラミックヒータ）として使用される場合は、導電体は、発熱体であり、 $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度の金属層であってもよく、発熱線でもよい。また、静電チャックとして使用される場合は、導電体は静電電極であり、RF 電極や発熱体が静電電極の下部であって、セラミック基板内に導電体として形成されていてもよい。さらに、ウエハプローバとして使用される場合は、表面に導電体としてチャックトップ導体層が形成されており、内部にはガード電極、グランド電極が導電体として形成されている。

また、本発明のセラミック基板は、 150°C 以上、望ましくは 200°C 以上で使用されることが最適である。

【 0 0 2 9 】

以下、ホットプレート機能を備えた静電チャック、ウエハプローバを例にして本発明を説明する。

【 0 0 3 0 】

本発明に係る静電チャックは、セラミック基板上に静電電極が形成され、上記静電電極を被覆するセラミック誘電体膜が酸素を含有する窒化物セラミックからなり、また、気孔率が 5 % 以下であり、最大気孔の気孔径が $50 \mu\text{m}$ 以下であるため、この誘電体膜中の気孔は、お互いに独立した気孔により構成されている。従って、耐電圧を低下させるガス等がセラミック誘電体膜を透過して静電電極を腐食させたり、高温でもセラミック誘電体膜の耐電圧が低下することがない。

また、セラミック誘電体膜の厚さも $50 \sim 5000 \mu\text{m}$ とすることで、チャック力を低下させずに十分な耐電圧を確保できる。

【0031】

図1は、本発明のセラミック基板の一実施形態である静電チャックを模式的に示した縦断面図であり、図2は、図1に示した静電チャックにおけるA-A線断面図であり、図3は、図1に示した静電チャックにおけるB-B線断面図である。

【0032】

この静電チャック101では、平面視円形状のセラミック基板1の表面に、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とからなる静電電極層が形成され、この静電電極層を被覆するように、酸素を含有する窒化物セラミックからなるセラミック誘電体膜4が形成されている。また、静電チャック101上には、シリコンウエハ9が載置され、接地されている。

【0033】

図2に示したように、チャック正極静電層2は、半円弧状部2aと櫛歯部2bとからなり、チャック負極静電層3も、同じく半円弧状部3aと櫛歯部3bとからなり、これらのチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とは、櫛歯部2b、3bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧 V_2 が印加されるようになっている。

【0034】

また、セラミック基板1の内部には、シリコンウエハ9の温度をコントロールするために、図3に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体5が設けられており、抵抗発熱体5の両端には、外部端子ピン6が接続、固定され、電圧 V_1 が印加されるようになっている。図1、2には示していないが、このセラミック基板1には、図3に示したように、測温素子を挿入するための有底孔11とシリコンウエハ9を支持して上下させる支持ピン（図示せず）を挿通するための貫通孔12が形成されている。なお、抵抗発熱体5は、セラミック基板の底面に形成されていてもよい。

【0035】

この静電チャック101を機能させる際には、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とに直流電圧 V_2 を印加する。これにより、シリコンウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにしてシリコンウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコンウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す。

【0036】

本発明に係る静電チャックは、例えば、図1～3に示したような構成を有するものである。以下において、上記静電チャックを構成する各部材、および、本発明に係る静電チャックの他の実施形態について、順次、詳細に説明していくことにする。

【0037】

本発明に係る静電チャックで使用されるセラミック誘電体膜は、酸素を含有する窒化物セラミックからなり、最大気孔の気孔径が $50\mu\text{m}$ 以下である。また、その厚さは $50\sim 5000\mu\text{m}$ であり、気孔率は5%以下であることが望ましい。

【0038】

上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられ、これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好適である。耐電圧が高く、熱伝導率も $180\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ と最も高いからである。

【0039】

上記窒化物セラミックは、酸素を含有している。このため、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、従って、上述したような理由により耐電圧が向上する。

【0040】

上記窒化物セラミックに酸素を含有させるため、通常、窒化物セラミックの原料粉末を酸素中または空气中で加熱するか、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。

上記金属酸化物としては、例えば、イットリヤ(Y_2O_3)、アルミナ(Al_2

O_3)、酸化ルビジウム (Rb_2O)、酸化リチウム (Li_2O)、炭酸カルシウム ($CaCO_3$) 等が挙げられる。

これらの金属酸化物の添加量は、窒化物セラミック 100 重量部に対して、0.1 ~ 10 重量部が好ましい。

【0041】

上記セラミック誘電体膜の気孔率は 5 % 以下である。また、その厚さが 50 ~ 5000 μm であり、最大気孔の気孔径が 50 μm 以下であることが望ましい。

上記セラミック誘電体膜の厚さが 50 μm 未満であると、膜厚が薄すぎるために十分な耐電圧が得られず、シリコンウエハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があります。一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが 5000 μm を超えると、シリコンウエハと静電電極との距離が遠くなるため、シリコンウエハを吸着する能力が低くなってしまいます。セラミック誘電体膜の厚さは、100 ~ 1500 μm が好ましい。

【0042】

また、上記気孔率が 5 % を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなる。このような構造のセラミック誘電体膜では、耐電圧が低下してしまう。

さらに、最大気孔の気孔径が 50 μm を超えると、酸化物が粒子境界に存在していても、高温での耐電圧を確保できない。気孔率は、気孔が存在する場合には、0.001 ~ 3 % がより好ましく、最大気孔の気孔径は、0.1 ~ 10 μm がより好ましい。

【0043】

上記セラミック誘電体膜中には、カーボンが 50 ~ 5000 ppm 含有されることが望ましい。静電チャック中に設けられた電極パターンを隠蔽することができ、かつ、高輻射熱が得られるからである。また、体積抵抗率が低い方が、低温域においては、シリコンウエハの吸着能力が高くなる。

【0044】

なお、本発明に係る静電チャックで、セラミック誘電体膜中にある程度の気孔が存在してもよいとしているのは、破壊靱性値を高くすることができるからであり

、熱衝撃性を改善することができる。

【0045】

セラミック基板上に形成される静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

【0046】

図8および図9は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図8に示す静電チャック20では、セラミック基板1の内部に半円形状のチャック正極静電層22とチャック負極静電層23とが形成されており、図9に示す静電チャックでは、セラミック基板1の内部に円を4分割した形状のチャック正極静電層32a、32bとチャック負極静電層33a、33bが形成されている。また、2枚の正極静電層22a、22bおよび2枚のチャック負極静電層33a、33bは、それぞれ交差するように形成されている。

なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0047】

本発明に係る静電チャックで使用されるセラミック基板は、窒化物セラミックからなるものである。

【0048】

上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。

また、セラミック誘電体膜とセラミック基板とは同じ材料であることが望ましい。窒化物セラミックは熱伝導率が高く、抵抗発熱体で発生した熱を良好に伝達することができるからである。また、セラミック誘電体膜とセラミック基板とが同じ材料である場合、同じ方法で作製したグリーンシートを積層し、同一条件で焼

成することにより、容易に静電チャックを製造することができるからである。

また、窒化物セラミックの中では窒化アルミニウムが最も好適である。熱伝導率が $180\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と最も高いからである。

【0049】

上記セラミック基板中には、カーボンを $50\sim 5000\text{ ppm}$ 含むことが望ましい。高輻射熱が得られるからである。カーボンとしては、X線回折で検出可能な結晶質または検出不能な非晶質の一方を用いてもよく、結晶質および非晶質の両方を用いてもよい。

【0050】

本発明に係る静電チャックでは、通常、図1に示したように、抵抗発熱体等の温度制御手段が設けられている。静電チャック上に載置したシリコンウエハの加熱等を行いながら、CVD処理等を行う必要があるからである。

【0051】

上記温度制御手段としては、図3に示した抵抗発熱体5のほかに、ペルチェ素子（図6参照）が挙げられる。抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に設けてもよく、セラミック基板の底面に設けてもよい。抵抗発熱体を設ける場合は、静電チャックを嵌め込む支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。

【0052】

抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは相互に補完するように形成されて、加熱面からみるとどこかの層にパターンが形成された状態が望ましい。例えば、互いに千鳥の配置になっている構造である。

【0053】

抵抗発熱体としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔、金属線等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

【0054】

また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

さらに、セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、金属焼結体としては、貴金属（金、銀、パラジウム、白金）、ニッケルを使用することが望ましい。具体的には銀、銀-パラジウムなどを使用することができる。

上記金属焼結体に使用される金属粒子は、球状、リン片状、もしくは球状とリン片状の混合物を使用することができる。

【0055】

金属焼結体中には、金属酸化物を添加してもよい。上記金属酸化物を使用するのは、セラミック基板と金属粒子を密着させるためである。上記金属酸化物により、セラミック基板と金属粒子との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子の表面はわずかに酸化膜が形成されており、セラミック基板は、酸化物の場合は勿論、非酸化物セラミックである場合にも、その表面には酸化膜が形成されている。従って、この酸化膜が金属酸化物を介してセラミック基板表面で焼結して一体化し、金属粒子とセラミック基板とが密着するのではないかと考えられる。

【0056】

上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアから選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善できるからである。

【0057】

上記金属酸化物は、金属粒子100重量部に対して0.1重量部以上10重量部未満であることが望ましい。この範囲で金属酸化物を用いることにより、抵抗値が大きくなりすぎず、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

【0058】

また、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合に、酸化

鉛が1～10重量部、シリカが1～30重量部、酸化ホウ素が5～50重量部、酸化亜鉛が20～70重量部、アルミナが1～10重量部、イットリアが1～50重量部、チタニアが1～50重量部が好ましい。但し、これらの合計が100重量部を超えない範囲で調整されることが望ましい。これらの範囲が特にセラミック基板との密着性を改善できる範囲だからである。

【0059】

抵抗発熱体をセラミック基板の底面に設ける場合は、抵抗発熱体15の表面は、金属層150で被覆されていることが望ましい（図4参照）。抵抗発熱体15は、金属粒子の焼結体であり、露出していると酸化しやすく、この酸化により抵抗値が変化してしまう。そこで、表面を金属層150で被覆することにより、酸化を防止することができるのである。

【0060】

金属層150の厚さは、0.1～10 μ mが望ましい。抵抗発熱体の抵抗値を変化させることなく、抵抗発熱体の酸化を防止することができる範囲だからである。

被覆に使用される金属は、非酸化性の金属であればよい。具体的には、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルから選ばれる少なくとも1種以上が好ましい。なかでもニッケルがさらに好ましい。抵抗発熱体には電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して抵抗発熱体に取り付けるが、ニッケルは半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、コパール製の端子ピンを使用することができる。

【0061】

なお、抵抗発熱体をヒータ板内部に形成する場合は、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。抵抗発熱体をヒータ板内部に形成する場合、抵抗発熱体の表面の一部が露出していてもよい。

【0062】

抵抗発熱体として使用する金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して抵抗発熱体としたものが望ましい。

パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合わせてもよい。

金属線としては、例えば、タングステン線、モリブデン線等が挙げられる。

【 0 0 6 3 】

温度制御手段としてペルチェ素子を使用する場合は、電流の流れる方向を変えることにより発熱、冷却両方行うことができるため有利である。

ペルチェ素子 8 は、図 6 に示すように、p 型、n 型の熱電素子 8 1 を直列に接続し、これをセラミック板 8 2 などに接合させることにより形成される。

ペルチェ素子としては、例えば、シリコン・ゲルマニウム系、ビスマス・アンチモン系、鉛・テルル系材料等が挙げられる。

【 0 0 6 4 】

本発明に係る静電チャックとしては、例えば、図 1 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の内部には抵抗発熱体 5 が設けられた構成の静電チャック 1 0 1、図 4 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の底面に抵抗発熱体 1 5 が設けられた構成の静電チャック 2 0 1、図 5 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の内部に抵抗発熱体である金属線 7 が埋設された構成の静電チャック 3 0 1、図 6 に示すように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の底面に熱電素子 8 1 とセラミック板 8 2 からなるペルチェ素子 8 が形成された構成の静電チャック 4 0 1 等が挙げられる。

【 0 0 6 5 】

本発明に係る静電チャックでは、図 1 ～ 6 に示したように、セラミック基板 1 とセラミック誘電体膜 4 との間にチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とが設けられ、セラミック基板 1 の内部に抵抗発熱体 5 や金属線 7 が形成されているため、これらと外部端子とを接続するための接続部（スルーホール） 1 6、1 7 が必要となる。スルーホール 1 6、1 7 は、タングステンペースト、モリブデンペーストなどの高融点金属、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイド

などの導電性セラミックを充填することにより形成される。

【 0 0 6 6 】

また、接続部（スルーホール）16、17の直径は、0.1～10mmが望ましい。断線を防止しつつ、クラックや歪みを防止できるからである。

このスルーホールを接続パッドとして外部端子ピン6、18を接続する（図7（d）参照）。

【 0 0 6 7 】

接続は、半田、ろう材により行う。ろう材としては銀ろう、パラジウムろう、アルミニウムろう、金ろうを使用する。金ろうとしては、Au-Ni合金が望ましい。Au-Ni合金は、タングステンとの密着性に優れるからである。

【 0 0 6 8 】

Au/Niの比率は、[81.5～82.5（重量%）] / [18.5～17.5（重量%）] が望ましい。

Au-Ni層の厚さは、0.1～50μmが望ましい。接続を確保するに十分な範囲だからである。また、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ Paの高真空で500～1000℃の高温で使用するとAu-Cu合金では劣化するが、Au-Ni合金ではこのような劣化がなく有利である。また、Au-Ni合金中の不純物元素量は全量を100重量部とした場合に1重量部未満であることが望ましい。

【 0 0 6 9 】

本発明のセラミック基板では、必要に応じて、セラミック基板1の有底孔12に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。

熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。

上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられる

ように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

【0070】

図10は、以上のような構成の本発明に係る静電チャックを配設するための支持容器41を模式的に示した断面図である。

支持容器41には、静電チャック101が断熱材45を介して嵌め込まれるようになっている。また、この支持容器11には、冷媒吹き出し口42が形成されており、冷媒注入口44から冷媒が吹き込まれ、冷媒吹き出し口42を通して吸引口43から外部に出ていくようになっており、この冷媒の作用により、静電チャック101を冷却することができるようになっている。

【0071】

次に、本発明に係る静電チャックの製造方法の一例を図7に示した断面図に基づき説明する。

(1) まず、窒化物セラミックのセラミックの粉体をバインダおよび溶剤と混合してグリーンシート50を得る。

前述したセラミック粉体としては、例えば、窒化アルミニウムなどを使用することができ、必要に応じて、イットリアなどの焼結助剤などを加えてもよい。

【0072】

なお、後述する静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜4となる層であるので、窒化物の粉末に酸化物の粉末を混合したものとする。

通常、セラミック誘電体膜4の原料とセラミック基板1の原料とは、同じものを使用することが望ましい。これらは、一体として焼結することが多いため、焼成条件が同じになるからである。ただし、材料が異なる場合には、まず先にセラミック基板を製造しておき、その上に静電電極層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜を形成することもできる。

【0073】

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

さらに、溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくと

も 1 種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート 5 0 を作製する。

【 0 0 7 4 】

グリーンシート 5 0 に、必要に応じてシリコンウエハの支持ピンを挿通する貫通孔や熱電対を埋め込む凹部を設けておくことができる。貫通孔や凹部は、パンチングなどで形成することができる。

グリーンシート 5 0 の厚さは、0. 1 ~ 5 mm 程度が好ましい。

【 0 0 7 5 】

次に、グリーンシート 5 0 に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。

印刷は、グリーンシート 5 0 の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体 5 1、抵抗発熱体層印刷体 5 2 を得る。

印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導電性ペーストを印刷することにより形成する。

【 0 0 7 6 】

これらの導電性ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。

また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。

【 0 0 7 7 】

導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒子径は 0. 1 ~ 5 μ m が好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体用ペーストを印刷しにくいからである。

このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子 8 5 ~ 9 7 重量部、アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも 1 種のバインダ 1. 5 ~ 1 0 重量部、 α -テル

ピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部混合して調製した導体用ペーストが最適である。

さらに、パンチング等で形成した孔に、導体用ペーストを充填してスルーホール印刷体53、54を得る。

【0078】

次に、図7(a)に示すように、印刷体51、52、53、54を有するグリーンシート50と、印刷体を有さないグリーンシート50'とを積層する。抵抗発熱体形成側に印刷体を有さないグリーンシート30'を積層するのは、スルーホールの端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホールの端面が露出したまま、抵抗発熱体形成の焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングする必要がある、さらに好ましくは、Au-Niの金ろうで被覆してもよい。

【0079】

(2) 次に、図7(b)に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシートおよび導体ペーストを焼結させる。

加熱温度は、1000～2000℃、加圧は100～200 kg/cm²が好ましく、これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気下で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この工程で、スルーホール16、17、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等が形成される。

【0080】

(3) 次に、図7(c)に示すように、外部端子接続のための袋孔13、14を設ける。

袋孔13、14の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等と接続されていることが望ましい。

【0081】

(4) 最後に、図7(d)に示すように、袋孔13、14に金ろうを介して外部

端子 6、18 を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔 12 を設け、その内部に熱電対を埋め込むことができる。

半田は銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が望ましい。半田による接続を確保するに十分な範囲だからである。

【0082】

なお、上記説明では静電チャック 101 (図 1 参照) を例にしたが、静電チャック 201 (図 4 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板の底面に導体ペーストを印刷、焼成し、抵抗発熱体 15 を形成し、この後、無電解メッキ等により金属層 150 を形成すればよい。また、静電チャック 301 (図 5 参照) を製造する場合は、セラミック粉末中に金属箔、金属線を静電電極や抵抗発熱体にして埋め込み、焼結すればよい。さらに、静電チャック 401 (図 6 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板に溶射金属層を介してペルチェ素子を接合すればよい。

【0083】

本発明のセラミック基板の表面および内部に導電体が配設され、上記内部の導電体が、ガード電極またはグランド電極のいずれか少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウエハプローバとして機能する。

【0084】

図 11 は、本発明に係るウエハプローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図 12 は、図 11 に示したウエハプローバにおける A-A 線断面図である。

このウエハプローバ 201 では、平面視円形状のセラミック基板 63 の表面に平面視同心円形状の溝 67 が形成されるとともに、溝 67 の一部にシリコンウエハを吸引するための複数の吸引孔 68 が設けられており、溝 67 を含むセラミック基板 63 の大部分にシリコンウエハの電極と接続するためのチャックトップ導体層 62 が円形状に形成されている。

【0085】

一方、セラミック基板 6 3 の底面には、シリコンウエハの温度をコントロールするために、図 3 に示したような平面視同心円形状の発熱体 6 9 が設けられており、発熱体 6 9 の両端には、外部端子ピン（図示せず）が接続、固定されている。また、セラミック基板 6 3 の内部には、ストレイキャパシタやノイズを除去するために平面視格子形状のガード電極 6 5 とグランド電極 6 6（図 7 参照）とが設けられている。ガード電極 6 5 とグランド電極 6 6 の材質は、静電電極と同様のものでよい。

【0086】

上記チャックトップ導体層 6 2 の厚さは、 $1 \sim 20 \mu\text{m}$ が望ましい。 $1 \mu\text{m}$ 未満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、 $20 \mu\text{m}$ を超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまいうからである。

【0087】

チャックトップ導体層 6 2 としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属（金、銀、白金等）、タングステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも 1 種の金属を使用することができる。

【0088】

このような構成のウエハプローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウエハを載置した後、このシリコンウエハにテストピンを持つプローブカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。なお、ウエハプローバを製造する場合には、例えば、静電チャックの場合と同様に、初めに抵抗発熱体が埋設されたセラミック基板を製造し、その後、セラミック基板の表面に溝を形成し、続いて、溝が形成された表面部分にスパッタリングおよびメッキ等を施して、金属層を形成すればよい。

【0089】

【実施例】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例 1 および比較例 1）静電チャック（図 1 参照）の製造

（1）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径 $1.1 \mu\text{m}$ ）100 重量部、イットリア（平均粒径： $0.4 \mu\text{m}$ ）4 重量部、アクリルバインダ 11.5

重量部、分散剤 0.5 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 53 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ 0.47 mm のグリーンシートを得た。

【0090】

(2) 次に、このグリーンシートを 80℃ で 5 時間乾燥させた後、パンチングにより直径 1.8 mm、3.0 mm、5.0 mm の半導体ウエハ支持ピンを挿通する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0091】

(3) 平均粒子径 1 μ m のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 3.0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.5 重量部および分散剤 0.3 重量部を混合して導体ペースト A を調製した。

平均粒子径 3 μ m のタングステン粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 1.9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.7 重量部および分散剤 0.2 重量部を混合して導体ペースト B を調製した。

この導体ペースト A をグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図 2 に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0092】

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。

上記処理の終わったグリーンシート 50 に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート 50' を上側（加熱面）に 34 枚、下側に 13 枚積層し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート 50 を積層し、さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート 50' を 2 枚積層し、これらを 130℃、80 kg/cm² の圧力で圧着して積層体を形成した（図 7（a））。

【0093】

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力0～150 kg/cm²（詳細は表1）で3時間ホットプレスし、厚さ3 mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230 mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6 μm、幅10 mmの抵抗発熱体5および厚さ10 μmのチャック正極静電層2、チャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした（図7（b））。

【0094】

(5) 次に、(4)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2 mm、深さ：2.0 mm）を設けた。

【0095】

(6) さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔13、14とし（図7（c））、この袋孔13、14にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子6、18を接続させた（図7（d））。

なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0096】

(7) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。

このようにして製造した抵抗発熱体を有する静電チャックの気孔率、気孔径、耐電圧、破壊靱性値、吸着力、昇温特性、反り量を下記の方法により測定した。その結果を下記の表1および表2に示した。

【0097】

（実施例2および比較例2）静電チャック（図2参照）の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1 μm）100重量部、イットリア（平均粒径：0.4 μm）4重量部、アクリルバインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部、BNを0、3、5重量%（詳細は表3）および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペースト

を用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

【0098】

(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウエハ支持ピンを挿通する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0099】

(3) 平均粒子径1 μ mのタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。

平均粒子径3 μ mのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

この導体ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、図9に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

【0100】

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。

上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側(加熱面)に1枚、下側に48枚積層し、これらを130℃、80kg/cm²の圧力で圧着して積層体を形成した。

【0101】

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力0~150kg/cm²(詳細は表3)で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230mmの円板状に切り出し、内部に厚さ15 μ mのチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした。

【0102】

(5) 上記(4)で得た板状体の底面にマスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための凹部(図示せず)等を設けた。

【0103】

(6) 次に、ウエハ載置面に対向する面(底面)に抵抗発熱体15を印刷した。印刷は導体ペーストを用いた。導体ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導体ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物(それぞれの重量比率は、5/55/10/25/5)を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径4.5 μ mでリン片状のものであった。

【0104】

(7) 導体ペーストを印刷した板状体を780℃で加熱焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30g/1、ほう酸30g/1、塩化アンモニウム30g/1およびロッシェル塩60g/1を含む水溶液からなる無電解ニッケルメッキ浴に板状体を浸漬して、銀の焼結体15の表面に厚さ1 μ m、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層150を析出させた。この後、板状体に、120℃で3時間アニーリング処理を施した。

銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが5 μ m、幅2.4mmであり、面積抵抗率が7.7m Ω /□であった。

【0105】

(8) 次に、セラミック基板にスルーホール16を露出させるための袋孔を設けた。この袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子ピンを接続させた。また、抵抗発熱体に半田(スズ9/鉛1)を介してコパール製の外部端子ピンを形成した。

【0106】

(9) 次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、静電チャック201を得た。

このようにして製造した抵抗発熱体を有する静電チャックの気孔率、気孔径、耐電圧、破壊靱性値、吸着力、昇温特性、反り量を下記の方法により測定した。その結果を下記の表 3 および表 4 に示した。

【0107】

(10) 次に、この静電チャック 201 を図 10 の断面形状を有するステンレス製の支持容器 41 にセラミックファイバー（イビデン社製 商品名 イビウール）からなる断熱材 45 を介して嵌め込んだ。この支持容器 41 は冷却ガスの冷媒吹き出し口 42 を有し、静電チャック 201 の温度調整を行うことができる。

この支持容器 41 に嵌め込まれた静電チャック 201 の抵抗発熱体 15 に通電を行って、温度を上げ、また、支持容器に冷媒を流して静電チャック 201 の温度を制御したが、極めて良好に温度を制御することができた。

【0108】

(実施例 3 および比較例 3) 静電チャック 301 (図 5) の製造

(1) 厚さ $10\ \mu\text{m}$ のタングステン箔を打抜き加工することにより図 8 に示した形状の電極 2 枚を形成した。

この電極 2 枚とタングステン線を窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径 $1.1\ \mu\text{m}$ ）100 重量部、イットリア（平均粒径 $0.4\ \mu\text{m}$ ）4 重量部とともに、アルミナ 0、1.5、3.5、15 重量% を成形型中に入れて窒素ガス中で 1890°C 、圧力 0 から $150\ \text{kg}/\text{cm}^2$ （詳細は表 5）で 3 時間ホットプレスし、厚さ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。これを直径 230 mm の円状に切り出して板状体とした。このとき、静電電極層の厚さは、 $10\ \mu\text{m}$ であった。

【0109】

(2) この板状体に対し、実施例 1 の (5) ~ (7) の工程を実施し、静電チャック 301 を得た。

このようにして製造した抵抗発熱体を有する静電チャックの気孔率、気孔径、耐電圧、破壊靱性値、吸着力、昇温特性、反り量を下記の方法により測定した。その結果を下記の表 5 および表 6 に示した。

【0110】

評価方法

(1) 酸素量

実施例にかかる焼結体と同条件で焼結させた試料をタングステン乳鉢で粉碎し、これの 0.01 g を採取して試料加熱温度 2200℃、加熱時間 30 秒の条件で酸素・窒素同時分析装置 (LECO 社製 TC-136 型) で測定した。

(2) セラミック誘電体膜の気孔率の測定

セラミック誘電体膜を切り出し、アミキメデス法により、気孔率を測定した。具体的には、切り出した試料を粉末に破碎して有機溶媒中または水銀中に投入して体積を測定し、さらに予め測定した粉末の重量から真比重を測定し、これと見かけの比重から気孔率を計算した。

【0111】

(3) セラミック誘電体膜の気孔径の測定

静電チャックを縦方向に数カ所切断し、切断部分の気孔について、顕微鏡でその長さを測定した。縦、横の長さが異なる場合には、最大値をとった。

(4) セラミック誘電体膜の耐電圧の評価

実施例 1～3、比較例 1～3 で製造した静電チャックについて、静電チャック上に金属電極を載置し、静電電極層と電極との間に、電圧を印加し、絶縁破壊する電圧を測定した。

【0112】

(5) 破壊靱性値

ビッカース硬度計 (明石製作所社製 MVK-D 型) により圧子を表面に圧入し、発生したクラック長さを測定し、これを下記の計算式に代入した。

$$\text{破壊靱性値} = 0.026 \times E^{1/2} \times 0.5 \times P^{1/2} \times a \times C^{-3/2}$$

E はヤング率 (3.18×10^{11} Pa)、P は押し込み荷重 (98 N)、a は圧痕対角線長さの半分 (m)、C はクラックの長さの平均の半分 (m) である。

(6) 吸着力

ロードセル (島津製作所製 オートグラフ AGS-50A) を使用して測定した。

【0113】

(7) 昇温特性

4 5 0℃まで昇温するために必要な時間を測定した。

(8) 反り量

4 5 0℃まで昇温して1 5 0 k g c m² の荷重をかけた後、2 5℃まで冷却し、形状測定器（京セラ社製 ナノウエイ）を用いて、反り量を測定した。

【0 1 1 4】

【表 1】

	酸素 (重量%)	圧力 (K g f / c m ²)	気孔率 (%)	最大気孔径 (μm)
実施例 1	1. 6	1 5 0	0. 0 5	0. 1
	1. 6	1 0 0	0. 1	1. 1
	1. 6	8 0	1. 1	2. 2
	1. 6	7 0	2. 1	5. 0
	1. 6	5 0	3. 3	1 0
	1. 6	0	4. 1	4 5
	1. 6	1 5 0	限界以下	観察されず
比較例 1	<0.05	1 0 0	1. 0	1
	1. 6	0	4. 2	5 5
	<0.05	0	6. 1	6 0
	6	1 5 0	1. 1	1

【0 1 1 5】

【表 2】

	耐電圧 (kV/mm)			破壊靱性値 (MPa $m^{1/2}$)	吸着力 450℃ (Kg/cm 2)	昇温特性 (秒)	反り量 (μ m)
	25℃	200℃	450℃				
実施例 1	15	10	5	3.5	1.0	45	1
	15	10	5	3.6	1.1	46	1
	14	9	4	3.8	0.9	45	2
	14	9	3	3.5	1.0	45	2
	13	8	3	3.6	0.8	45	2
	12	5	1	3.6	0.9	50	7
	20	15	10	3.0	1.2	50	0
	2	1	0.5	3.5	絶縁破壊	45	1
比較例 1	2	0.8	0.4	3.5	絶縁破壊	80	8
	2	0.5	0.1	3.5	絶縁破壊	80	8
	15	7	0.9	3.6	絶縁破壊	80	1

【0116】

【表 3】

	BN 量 (重量%)	酸素 (重量%)	圧力 (Kg f / cm ²)	気孔率 (%)	最大気孔径 (μm)
実施例 2	3	1. 6	1 5 0	0. 0 3	0. 1
	3	1. 6	1 0 0	0. 1	1. 1
	3	1. 6	8 0	1. 2	2. 2
	3	1. 6	7 0	2. 1	4. 9
	3	1. 6	5 0	3. 2	9
	0	1. 6	0	4. 3	4 8
	0	1. 6	1 5 0	限界以下	観察されず
比較例 2	3	<0.05	1 0 0	1. 1	1. 0
	5	1. 6	0	4. 1	5 5
	3	<0.05	0	6. 2	6 0
	3	6	1 5 0	1. 1	1. 1

【0 1 1 7】

【表 4】

	耐電圧 (kV/mm)			破壊靱性値 (MPa $m^{1/2}$)	吸着力 450℃ (Kg/cm 2)	昇温特性 (秒)	反り量 (μ m)
	25℃	200℃	450℃				
実施例 2	16	10	5	3.6	1.0	45	1
	15	10	5	3.5	1.1	46	1
	14	9	4	3.7	0.9	45	2
	13	9	3	3.5	1.0	45	2
	13	8	3	3.5	0.8	45	2
	11	5	1	3.5	0.9	50	7
	20	15	10	3.0	1.2	50	0
	2	1	0.5	3.5	絶縁破壊	45	1
比較例 2	2	0.8	0.4	3.5	絶縁破壊	80	8
	2	0.5	0.1	3.5	絶縁破壊	80	8
	15	7	0.9	3.6	絶縁破壊	80	1

【0118】

【表 5】

	アルミナ (重量%)	酸素 (重量%)	圧力 (kgf/ cm ²)	気孔率 (%)	最大気孔径 (μm)
実施例 3	1.5	0.7	150	0.03	0.1
	1.5	0.7	100	0.1	1.1
	1.5	0.7	80	1.2	2.2
	1.5	0.7	70	2.1	4.9
	1.5	0.7	50	3.2	10
	1.5	0.7	0	4.3	48
比較例 3	0	<0.05	150	1.1	1.0
	3.5	1.6	0	4.1	55
	0	<0.05	0	6.2	60
	15	6	150	1.1	1.1

【0119】

【表 6】

	耐電圧 (kV/mm)			破壊靱性値 (MPa m ^{1/2})	吸着力 450℃ (Kg/cm ²)	昇温特性 (秒)	反り量 (μm)
	25℃	200℃	450℃				
実施例 3	16	10	5	3.6	1.0	55	1
	15	10	5	3.5	1.1	50	1
	14	9	4	3.7	0.9	53	2
	13	9	3	3.5	1.0	55	2
	13	8	3	3.5	0.8	51	2
	11	5	1	3.5	0.9	50	7
比較例 3	2	1	0.4	3.5	絶縁破壊	45	1
	2	0.7	0.3	3.5	絶縁破壊	80	8
	2	0.5	0.1	3.5	絶縁破壊	80	8
	15	7	0.9	3.6	絶縁破壊	80	1

【0120】

上記表 1～6 より明らかなように、実施例 1～3 に係る静電チャックでは、セラミック誘電体膜の耐電圧は、常温では 11～20 kV/mm、450℃でも 1～10 kV/mm と良好である。また、気孔を有する場合は、破壊靱性値も 3.5 MPa m^{1/2} 以上を確保できる。さらに、最大気孔の気孔径を 10 μm 以下にす

ることで高温での反り量を小さくすることができる。気孔を有さない場合は、耐電圧が非常に高くなり、また、反りをほぼ完全になくすることができる。

【0121】

(実施例4および比較例4) 静電チャック401 (図6) の製造
実施例2の(1)～(5)の工程(表3の初段の条件)を実施した後、さらに底面にニッケルを溶射し、この後、鉛・テルル系のペルチェ素子を接合させることにより、静電チャック401を得た。

このようにして製造した静電チャックは、降温特性に優れ、ペルチェ素子で冷却したところ450℃から100℃まで3分で降温した。

【0122】

(実施例5) ウエハプロバ201 (図11参照) の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末(トクヤマ社製、平均粒径1.1 μ m)1000重量部、イットリア(平均粒径0.4 μ m)40重量部および、SiC10重量部、1-ブタノールおよびエタノールからなるアルコール530重量部を混合して得た混合組成物を、ドクターブレード法を用いて成形し、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

【0123】

(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにて発熱体と外部端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。

【0124】

(3) 平均粒子径1 μ mのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAとした。

また、平均粒子径3 μ mのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBとした。

【0125】

次に、グリーンシートに、この導体ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グランド電極用印刷体を印刷した。

また、端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。

【 0 1 2 6 】

さらに、印刷されたグリーンシートおよび印刷がされていないグリーンシートを 5 0 枚積層して 1 3 0 ℃、 $8 0 \text{ kg} / \text{cm}^2$ の圧力で一体化することにより積層体を作製した。

【 0 1 2 7 】

(4) 次に、この積層体を窒素ガス中で 6 0 0 ℃で 5 時間脱脂し、1 8 9 0 ℃、圧力 $1 5 0 \text{ kg} / \text{cm}^2$ で 3 時間ホットプレスし、厚さ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。得られた板状体を、直径 3 0 0 mm の円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール 6 6 0 の大きさは、直径 0. 2 mm、深さ 0. 2 mm であった。

【 0 1 2 8 】

また、ガード電極 6 5、グランド電極 6 6 の厚さは 1 0 μm 、ガード電極 6 5 の形成位置は、ウエハ載置面から 1 mm、グランド電極 6 6 の形成位置は、ウエハ載置面から 1. 2 mm であった。また、ガード電極 6 5 およびグランド電極 6 6 の導体非形成領域 6 6 a の 1 辺の大きさは、0. 5 mm であった。

【 0 1 2 9 】

(5) 上記 (4) で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC 等によるブラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝 6 7 (幅 0. 5 mm、深さ 0. 5 mm) を設けた。

【 0 1 3 0 】

(6) さらに、ウエハ載置面に対向する面に発熱体 6 9 を形成するための層を印刷した。印刷は導体ペーストを用いた。導体ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト PS 6 0 3 D を使用した。この導体ペーストは、銀／鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物（それぞれの重量比率は、5 / 5 5 / 1 0 / 2 5 / 5）を銀 1 0 0 重量部に対して 7. 5 重量部含むものであった。

また、銀の形状は平均粒径 $4.5 \mu\text{m}$ でリン片状のものであった。

【0131】

(7) 導体ペーストを印刷したヒータ板を 780°C で加熱焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板 63 に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル 30 g/l 、ほう酸 30 g/l 、塩化アンモニウム 30 g/l およびロッシェル塩 60 g/l を含む水溶液からなる無電解ニッケルメッキ浴にヒータ板を浸漬して、銀の焼結体 69 の表面に厚さ $1 \mu\text{m}$ 、ホウ素の含有量が 1 重量% 以下のニッケル層（図示せず）を析出させた。この後、ヒータ板は、 120°C で 3 時間アニーリング処理を施した。

銀の焼結体からなる発熱体は、厚さが $5 \mu\text{m}$ 、幅 2.4 mm であり、面積抵抗率が $7.7 \text{ m}\Omega/\square$ であった。

【0132】

(8) 溝 67 が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製の SV-4540 を使用した。スパッタリングの条件は気圧 0.6 Pa 、温度 100°C 、電力 200 W であり、スパッタリング時間は、30 秒から 1 分の範囲内で、各金属によって調整した。

得られた膜の厚さは、蛍光 X 線分析計の画像から、チタン層は $0.3 \mu\text{m}$ 、モリブデン層は $2 \mu\text{m}$ 、ニッケル層は $1 \mu\text{m}$ であった。

【0133】

(9) 硫酸ニッケル 30 g/l 、ほう酸 30 g/l 、塩化アンモニウム 30 g/l およびロッシェル塩 60 g/l を含む水溶液からなる無電解ニッケルメッキ浴に、上記 (8) で得られたセラミック板を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ $7 \mu\text{m}$ 、ホウ素の含有量が 1 重量% 以下のニッケル層を析出させ、 120°C で 3 時間アニーリングした。

発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルメッキで被覆されない。

【0134】

さらに、表面にシアン化金カリウム 2 g/l 、塩化アンモニウム 75 g/l 、クエン酸ナトリウム 50 g/l および次亜リン酸ナトリウム 10 g/l を含む無電

解金メッキ液に、93℃の条件で1分間浸漬し、ニッケルメッキ層上に厚さ1 μ mの金メッキ層を形成した。

【0135】

(10) 溝67から裏面に抜ける空気吸引孔68をドリル加工により形成し、さらにスルーホール660を露出させるための袋孔(図示せず)を設けた。この袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子ピンを接続させた。また、発熱体に半田(スズ90重量%/鉛10重量%)を介してコパール製の外部端子ピンを形成した。

【0136】

(11) 次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、ウエハプローバヒータ201を得た。

【0137】

セラミック基板は、最大気孔の気孔径が2 μ mで、気孔率が1%であった。また、セラミック基板の温度を200℃に上げたが、200V印加しても絶縁破壊は生じなかった。さらに、そり量も1 μ m以下で良好であった。

【0138】

【発明の効果】

以上説明のように、本願発明のセラミック基板では、セラミック基板が酸素を含有する窒化物セラミックからなり、最大気孔の気孔径が50 μ m以下と従来よりも大きくても、耐電圧を十分に大きく保つことができる。また、気孔を有するため破壊靱性値を大きくすることができ、熱衝撃に耐えられる。さらに高温での反り量も小さくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図2】

図1に示した静電チャックのA-A線断面図である。

【図3】

図 1 に示した静電チャックの B - B 線断面図である。

【図 4】

本発明に係る静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 5】

本発明に係る静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 6】

本発明に係る静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図 7】

(a) ~ (d) は、本発明に係る静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図 8】

本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 9】

本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図 1 0】

本発明に係る静電チャックを支持容器に嵌め込んだ状態を模式的に示した断面図である。

【図 1 1】

本発明に係るウエハプローバを模式的に示した断面図である。

【図 1 2】

本発明に係るウエハプローバのガード電極を模式的に示した断面図である。

【図 1 3】

本発明に係るホットプレートを模式的に示した断面図である。

【符号の説明】

1 0 1、2 0 1、3 0 1、4 0 1 静電チャック

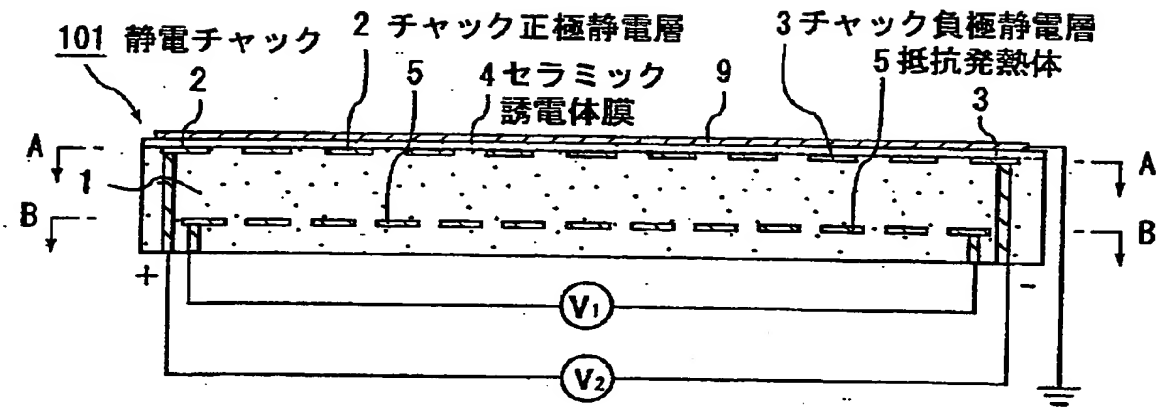
1 セラミック基板

2、2 2、3 2 a、3 2 b チャック正極静電層

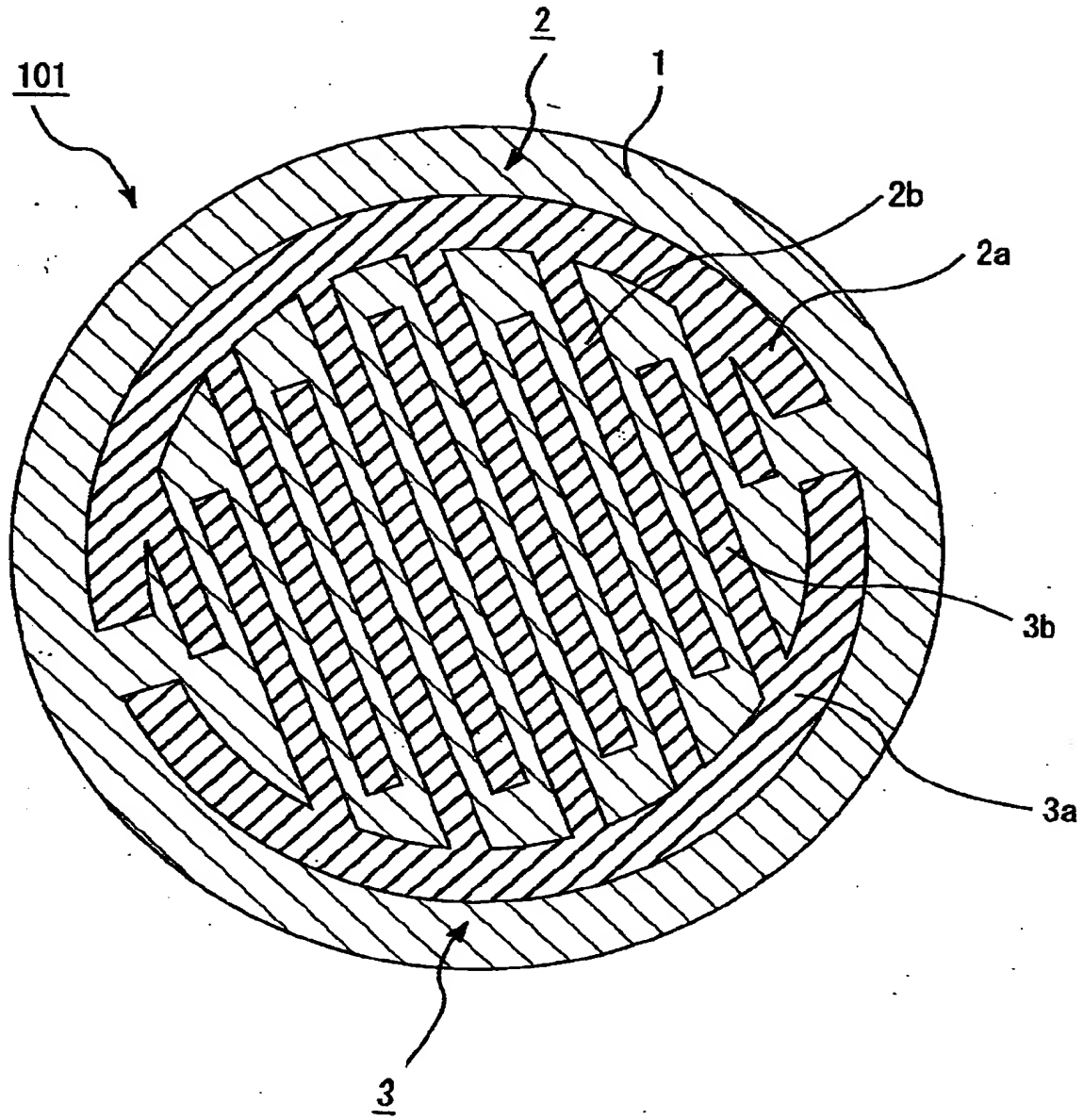
- 3、23、33a、33b チャック負極静電層
- 2a、3a 半円弧状部
- 2b、3b 櫛歯部
- 4 セラミック誘電体膜
- 5 抵抗発熱体
- 6、18 外部端子ピン
- 7 金属線
- 8 ペルチェ素子
- 9 シリコンウエハ
- 11 有底孔
- 12 貫通孔
- 13、14 袋孔
- 15 抵抗発熱体
- 150 金属層
- 16、17 スルーホール
- 41 支持容器
- 42 冷媒吹き出し口
- 43 吸入口
- 44 冷媒注入口
- 45 断熱材

【書類名】 図面

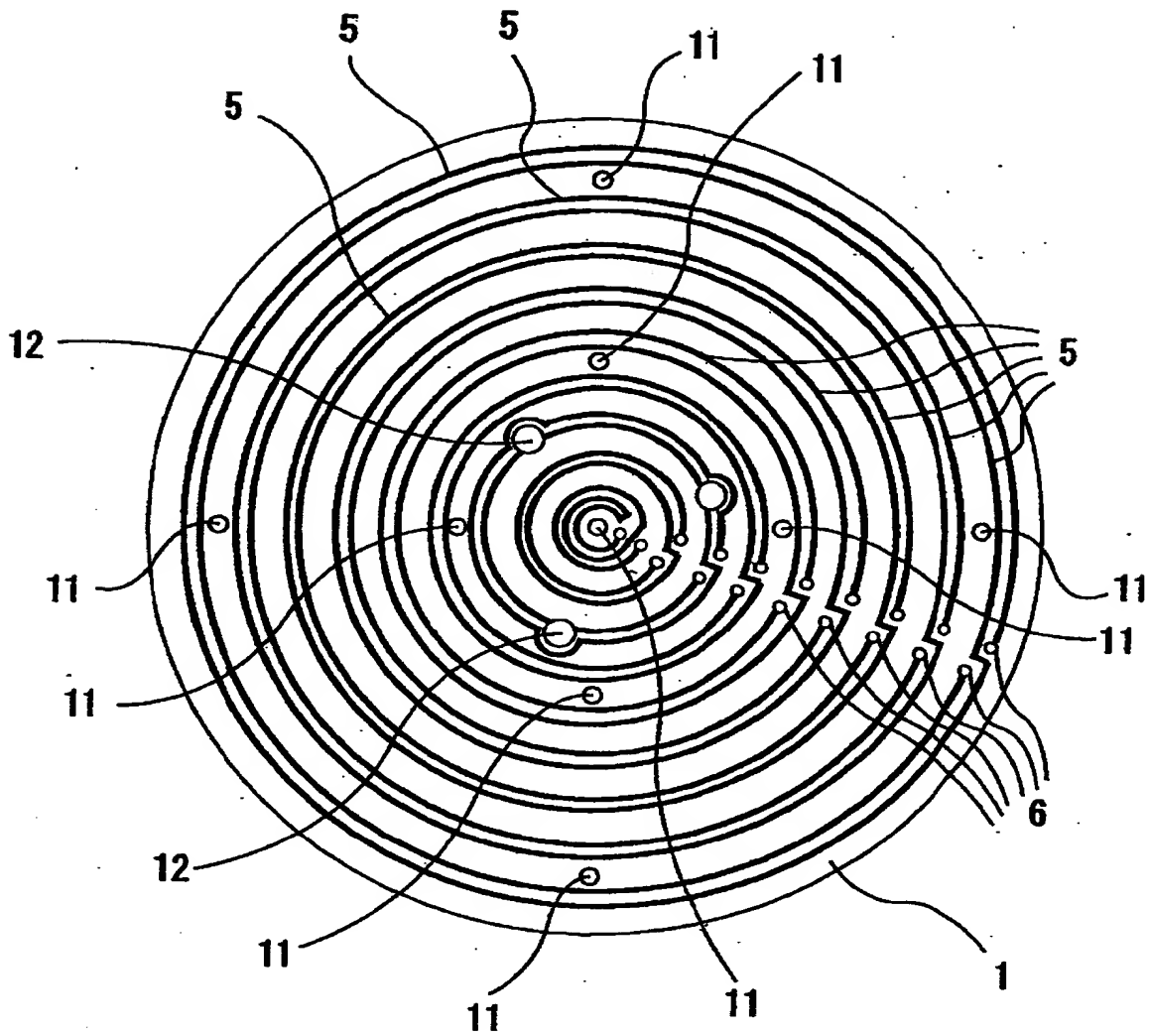
【図 1】



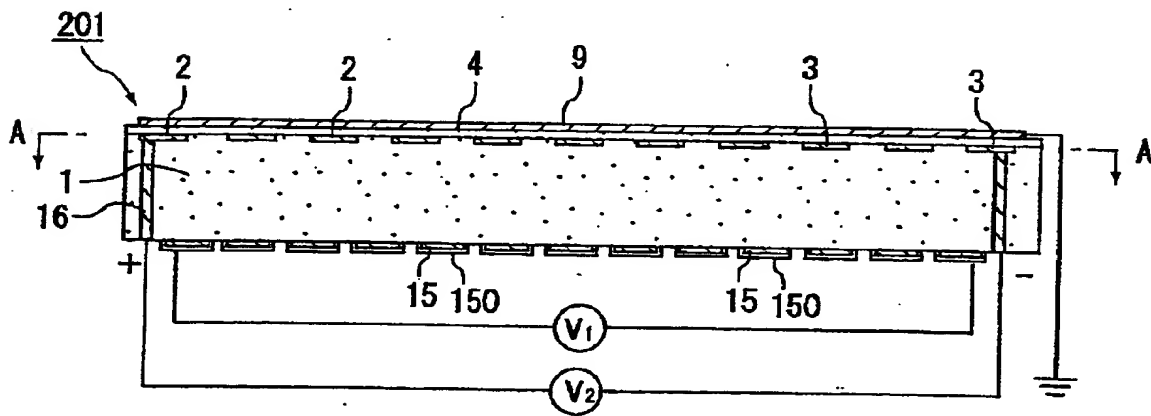
【図 2】



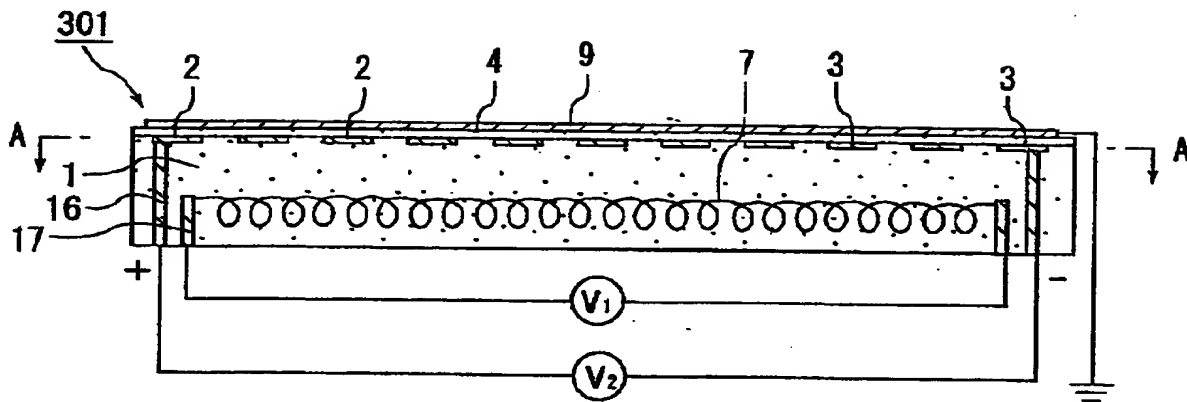
【図 3】



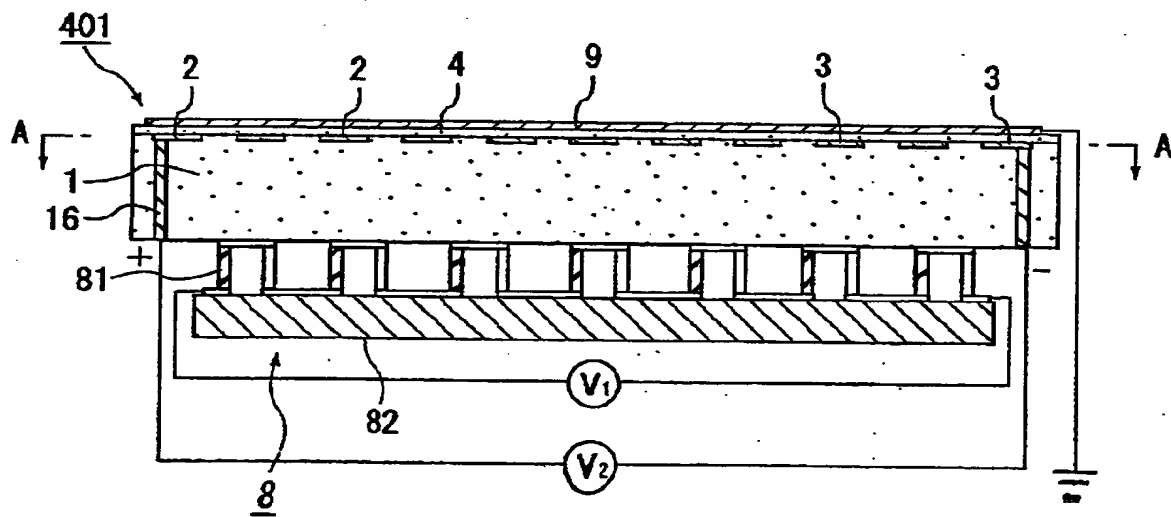
【図 4】



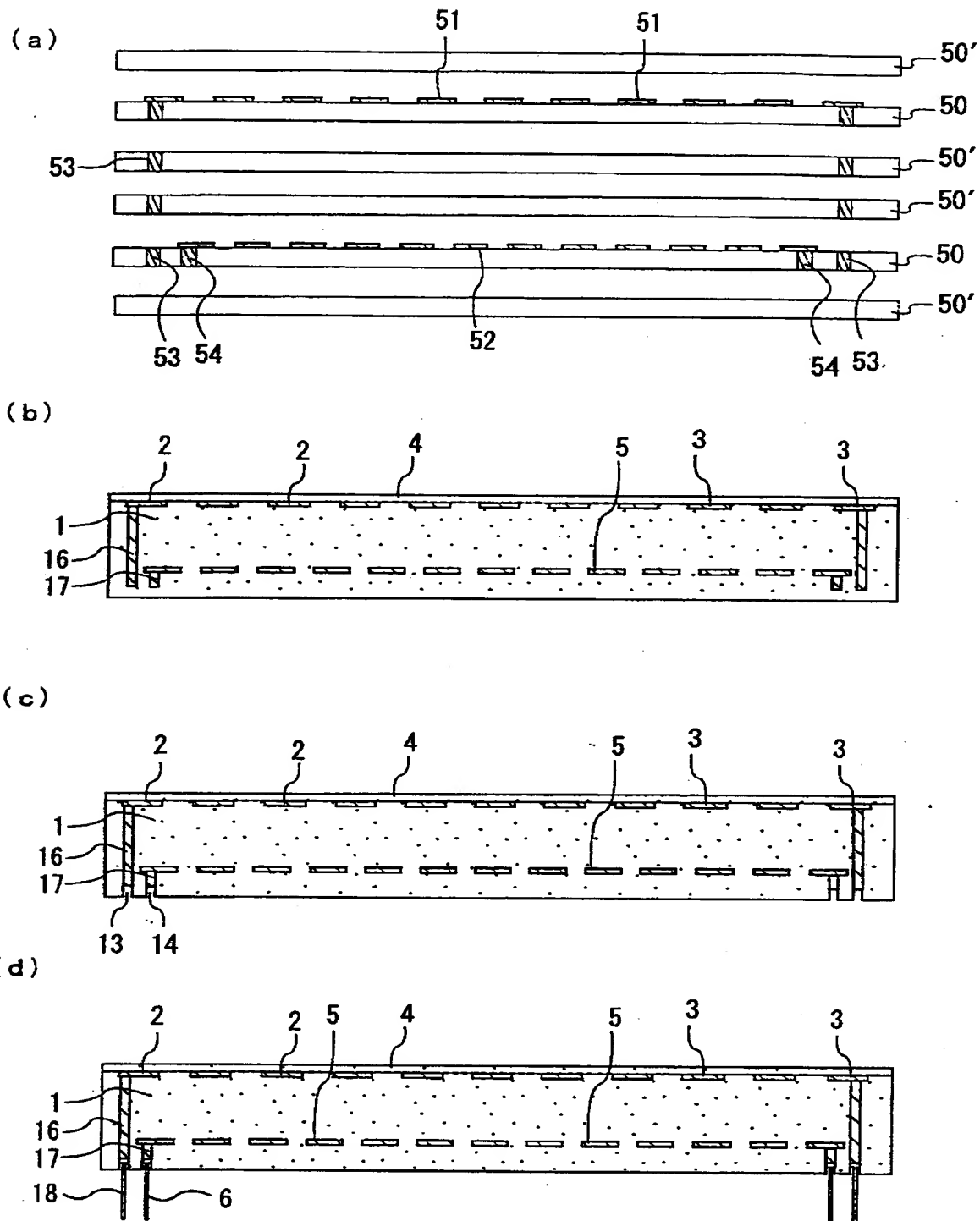
【図 5】



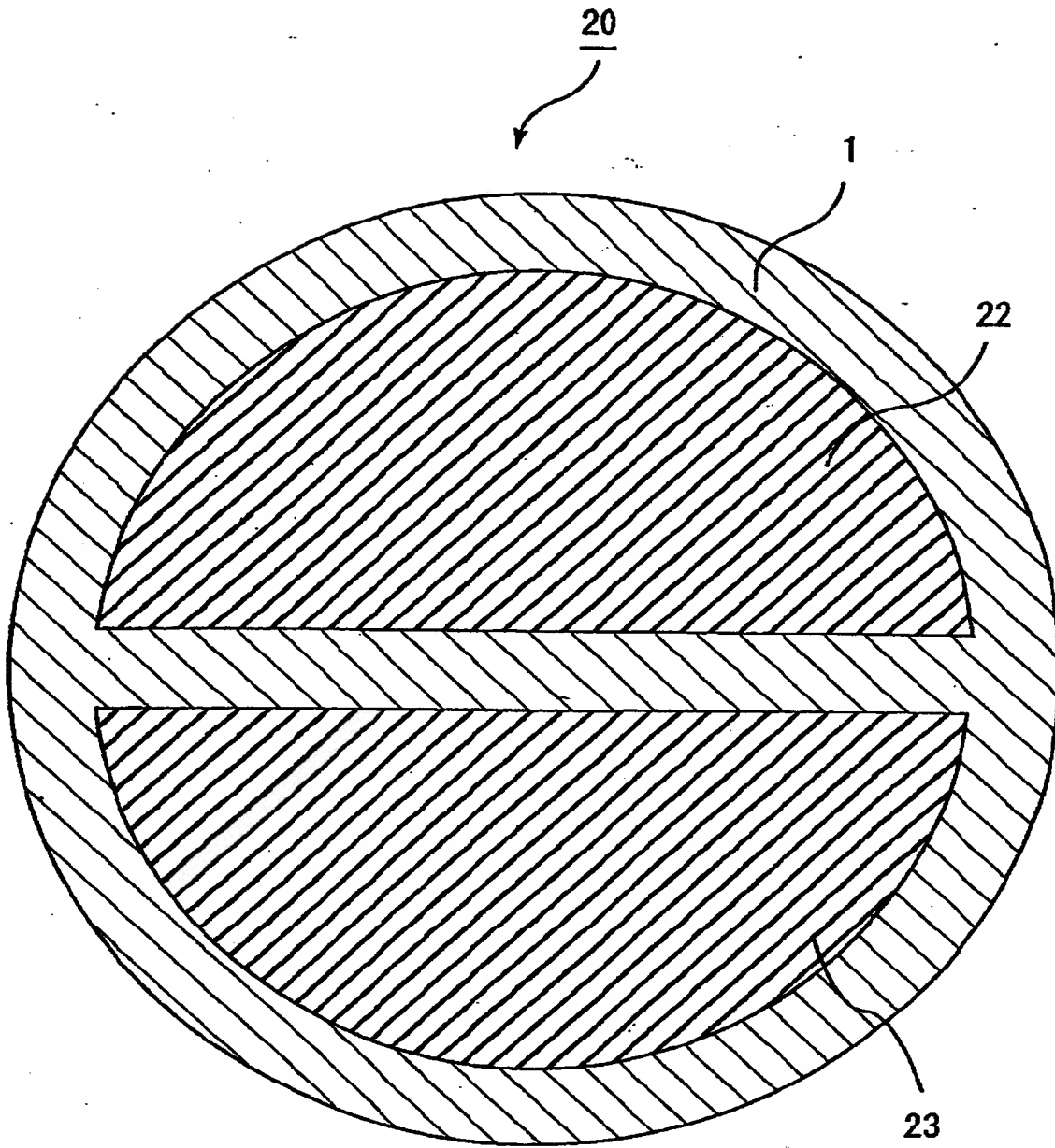
【図 6】



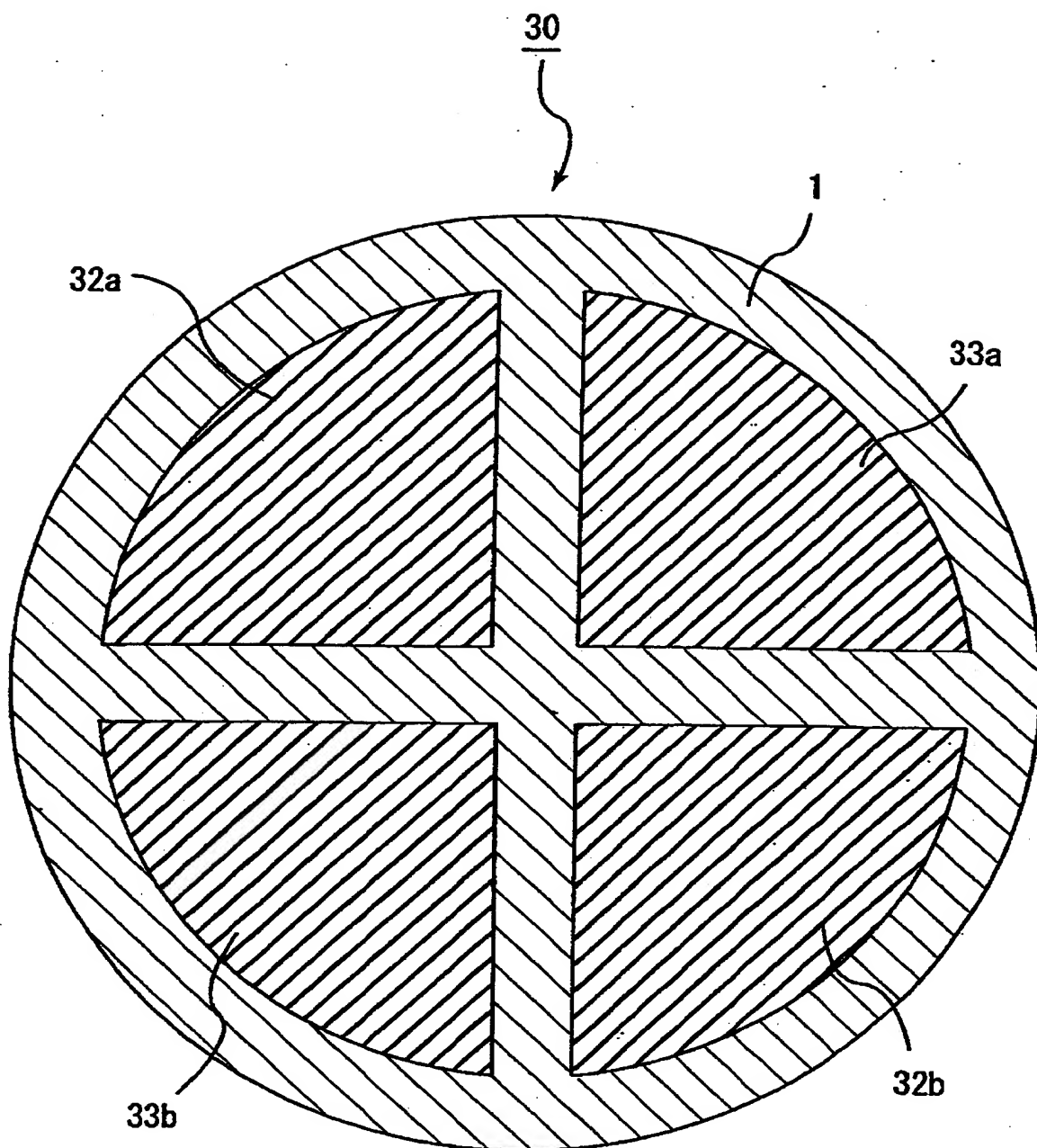
【図7】



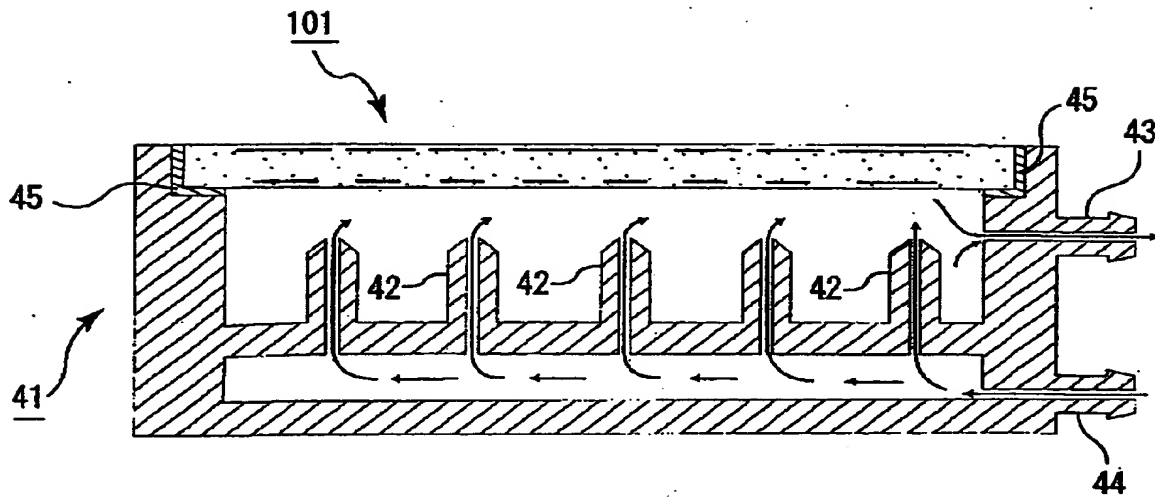
【図8】



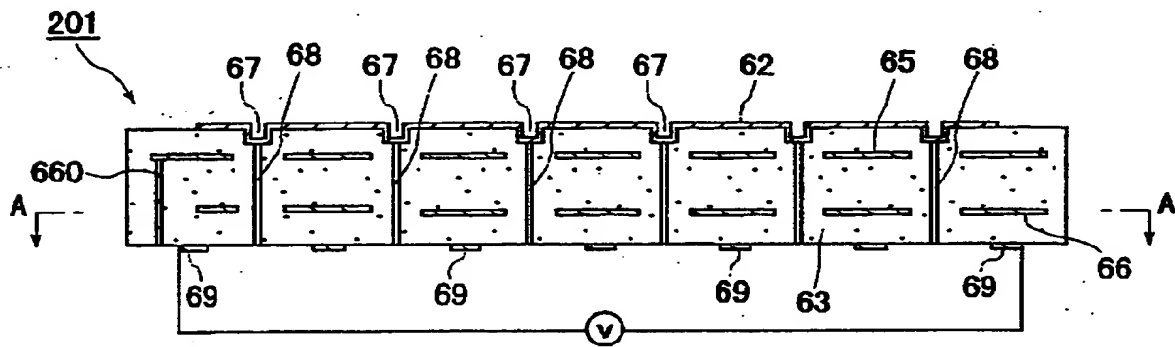
【図9】



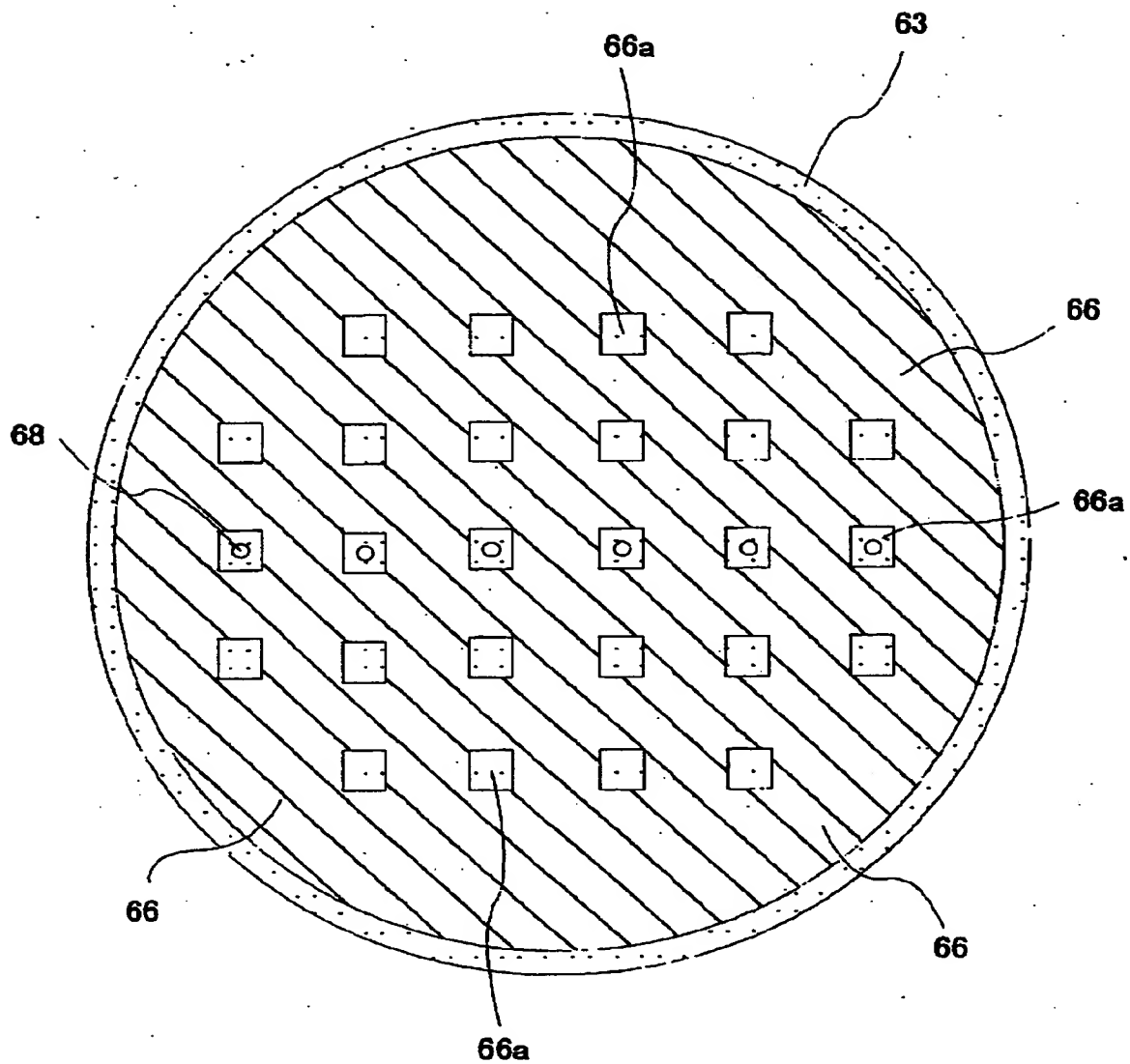
【図 10】



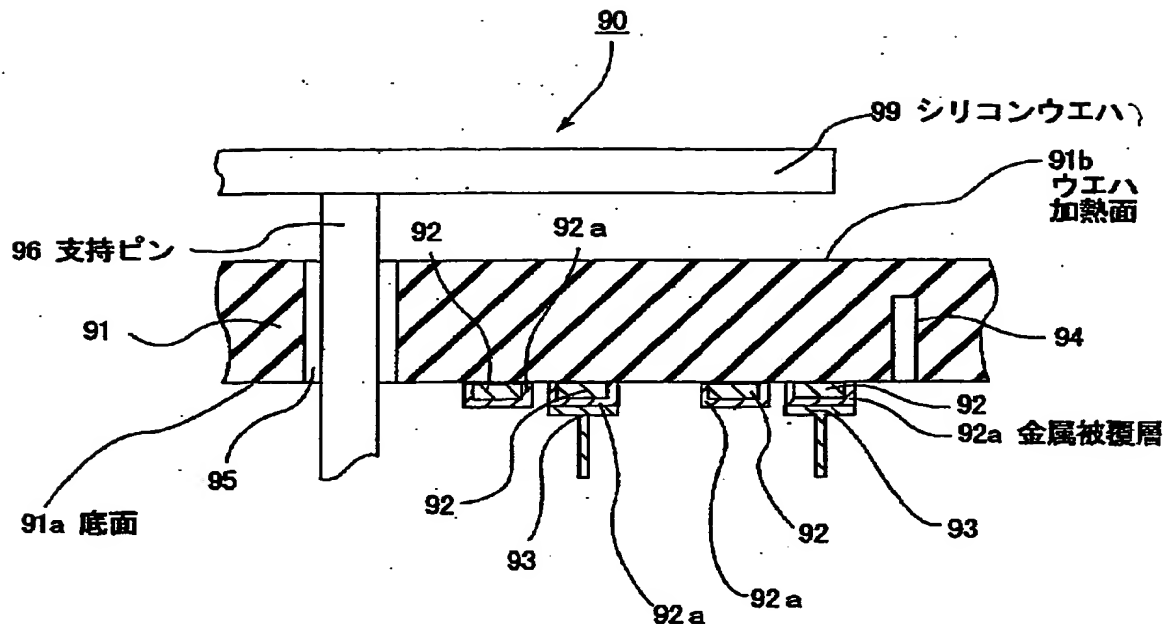
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 最大気孔の気孔径が $50\ \mu\text{m}$ 以下と従来よりも大きくても、耐電圧を十分に大きく保つことができ、また、気孔を有するため破壊靱性値を大きくすることができ、熱衝撃に耐えられ、さらに、高温での反り量も小さくすることができるセラミック基板を提供すること。

【解決手段】 セラミック基板の表面または内部に導電体が形成されてなるセラミック基板において、上記セラミック基板は、酸素を含有する窒化物セラミックからなるとともに、最大気孔の気孔径が $50\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするセラミック基板。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-029279
受付番号	50000134298
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 2月 8日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 2月 7日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000158]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
氏 名	イビデン株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)